

На (рис. 1) представлено поле температуры по длине стержня на различные моменты времени. Из рисунка видно, что стержень начинает нагреваться. Аналитическое решение представлено линией, чёрным пунктиром – метод явных схем, серым пунктиром – метод неявных схем. Видно, что неявной схемой, не соблюдая условие устойчивости, некорректно удалось рассчитать поле температур.

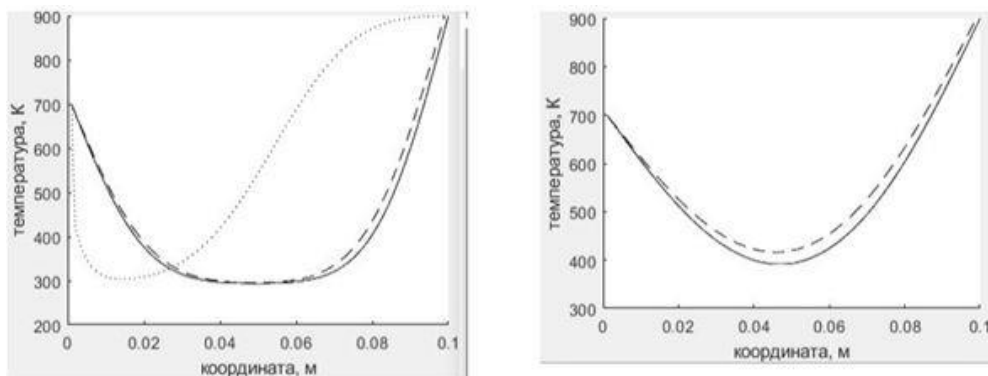


рис.1. Решения различными методами при  $t = 5$  с и  $t = 20$  с

В дальнейшем планируется провести тестовые расчеты уравнения движения и численных исследований термодинамических параметров вещества при различных способах нагрева.

Были получены решения, имеющие разную степень точности. Можно сделать вывод о том, что степень точности приближенного решения зависит от периода сетки разбиения поля и от соблюдения условия устойчивости.

Список публикаций:

- [1]. Лейви А. Я., Яловец А.П. Моделирование воздействия интенсивных плазменных потоков на вещество. //Челябинск. 2016
- [2] Уилкинс, М.Л.. Расчет упругопластических течений. / М.Л. Уилкинс. // В кн. Вычислительные методы в гидродинамике. Мир, 1967, 384с
- [3] Самарский А. А. // Введение в численные методы. 2003. С. 271.
- [4] Тихонов А.Н., Самарский А. А // Уравнения математической физики. 1977. 5 изд. С.728.

## Влияние одноосного давления на электроемкость защитных органических пленок

**Гринёва Дарья Александровна**  
**Демченко Александра Александровна**  
Южный федеральный университет  
Шпанько Светлана Павловна, к.х.н.  
[grineva.dasha1999@yandex.ru](mailto:grineva.dasha1999@yandex.ru)

За несколько последних десятилетий образовался и бурно развивается новый раздел микроэлектроники, который называется молекулярной электроникой [1]. Ее называют электроникой 21 века. В частности, кремниевые транзисторы, составляющие основу электронных устройств современной микроэлектроники, предполагается заменить молекулярными. Это увеличивает плотность упаковки микросхем в интегральном исполнении, во много раз повышает быстродействие их работы, изменяет их механические свойства. В этой связи широко исследуются свойства различных молекулярных материалов, в том числе и органических пленок.

Ранее [2], для увеличения низкой коррозионной стойкости железа в агрессивных средах универсальным и экономичным методом были получены адсорбционных пленки на основе гетероциклического соединения класса имидазола. Они в десятки раз уменьшают скорость коррозии железа. При изучении их электрических свойств было установлено [3], что проводимость данных пленок близка к металлической, а реактивное сопротивление, сильно зависящее от частоты, имеет индуктивный характер. Отрицательное значение емкости ( $C_n < 0$ ) различных материалов в последнее время получено уже неоднократно, имеет теоретическое объяснение, однако воспринимается с некоторым недоверием.

Нами проведен эксперимент, подтверждающий, что данные пленки действительно имеют  $C_n < 0$ . Выполнены измерения электроемкости пленки, параллельно соединенной с конденсатором известной емкости на частоте 100 Гц. Емкость используемых конденсаторов варьировалась в широком диапазоне. На (рис.1) представлена в логарифмическом масштабе зависимость  $C_x = f(C_k)$ . Здесь  $C_k$  – емкость конденсатора,  $C_x$  – результирующая емкость пленки и конденсатора.  $C_x = C_n + C_k$ . Видно, что значения  $C_x$  принимают значения как больше нуля, где  $C_k > |C_n|$ , так и меньше, где  $|C_n| > C_k$ . Кривая пересекает ось абсцисс. Здесь  $C_x = 0$ , а  $|C_n| = C_k$ .

Таким образом, этот эксперимент однозначно подтверждает, что данные пленки имеют реактивное сопротивление индуктивного характера.

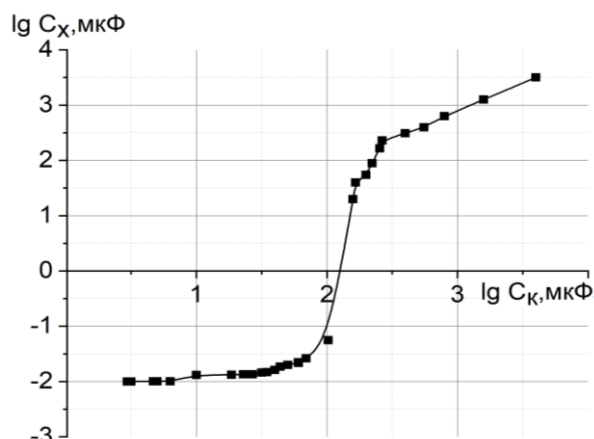


рис. 1. Зависимость электроемкости пленки, параллельно соединенной с конденсатором  $\lg(C_x)$  от емкости конденсаторов  $\lg(C)$ .

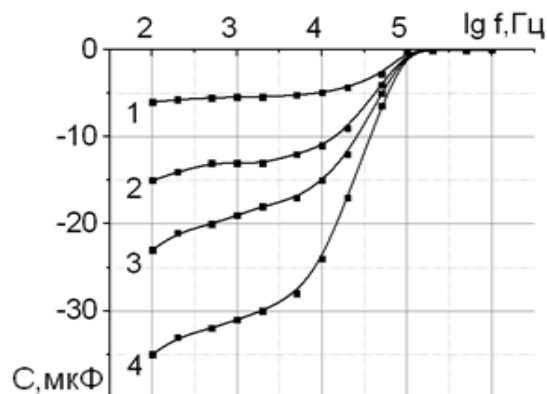


рис. 2. Частотные зависимости электроемкости пленок ( $C_{KCl} = 0.09$  моль/л,  $\tau = 2$  суток) при давлениях  $P$ , кПа: 1-  $0,3 \cdot 10^5$ , 2-  $2 \cdot 10^5$ , 3-  $3 \cdot 10^5$ , 4-  $4 \cdot 10^5$  Па.

Частотные зависимости электроемкости пленок при разных давлениях  $P$  показаны на (рис.2). Видно, что центр дисперсии (место перегиба графика зависимости  $C(f)$ ) с увеличением давления пленки смещается в область более низких частот. При малых значениях  $P$  на низких частотах участки кривых 1 и 2 практически горизонтальны, а в области частот  $10^5 - 10^4$  Гц наблюдается одна дисперсия диэлектрической проницаемости. При увеличении давления (кривые 3,4) на низких частотах виден рост модуля электроемкости при уменьшении частоты. Это можно рассматривать как начало второй инфранизочастотной (ИНЧ) диэлектрической дисперсии. Вероятно, одноосное давление вызывает в пленках вспомогательный релаксационный механизм. Известно, что у реальных органических материалов имеется не один, а целый спектр времен релаксации.

Кроме того, исследовано влияние одномерного давления на электроемкость органических пленок. Обнаружено, что при возрастании величины давления наблюдается существенный рост модуля электроемкостей пленок, измеренных в диапазоне звуковых частот (рис.3).

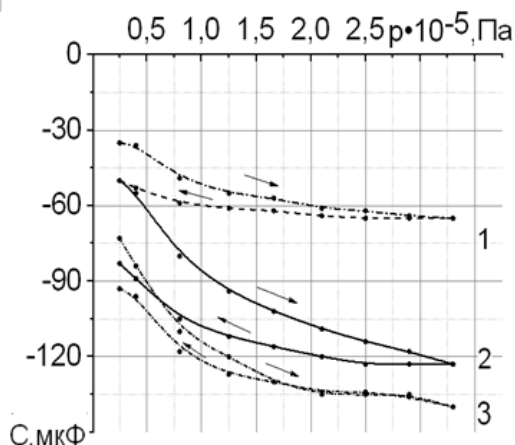


рис.3 Зависимости электроемкости пленки, полученной при адсорбции ПАВ ( $\tau = 3$  суток) от одноосного давления. Частота измерительного поля: 1- 102, 2- 103 и 3- 104 Гц

Это характерно для всех пленок независимо от значений концентрации  $C_{KCl}$  и времени формирования  $\tau$ . Для пленок ПАВ без  $KCl$  и с малой концентрацией  $C_{KCl} = 0.01$  моль/л прямой ход зависимостей  $C(P)$  имеет вид экспоненты (рис. 3), а для пленок с  $C_{KCl} = 0.09$  моль/л наблюдается практически линейная зависимость. На зависимостях  $C(P)$  видно, что обратные хода не совпадают с прямыми из-за большого времени релаксационных процессов в пленках. Время релаксации в органических материалах при переходе системы молекул от неравновесного состояния к равновесному способно достигать нескольких часов, суток в том числе и месяцев. Рост давления вызывает деформацию пленок. Установлено, что при деформации органических материалов макромолекулы переходят от более свернутых конформаций к более вытянутым. Данное явление вызывает перераспределение и сдвиг месторасположения ловушек для электронов и дырок. В свою очередь, это влияет на электроемкость материала.

#### Список публикаций:

- [1] Плотников Г.С., Зайцев В.Б. //Физические основы молекулярной электроники. М. Физ.факультет МГУ, 2000, 164 с.
- [2] Шпанько С.П., Сидоренко Е.Н., Семенчев А.Ф., Лянгузов Н.В., Анисимова В.А. Физикохимия поверхности и защита материалов. 2017. Т.53. №2. С.210-217.
- [3] Shpanko S.P., Sidorenko E.N., Kuznetsova, K.G. Abdolvakhidov, D.C. Obuhov D.S. Nova publishers. Proceedings of the 2018 international conference on «Physics, mechanics of new materials and their applications », New York. 2019. P. 13-19